第 18 卷　第 34 期　2018 年 12 月
1671—1815(2018)034-0064-07

科　学　技　术　与　工　程
Science Technology and Engineering

Vol. 18　No. 34　Dec. 2018
ⓒ 2018　Sci. Tech. Engrg.

引用格式:刘　明, 何　超, 李加强, 等. 基于比功率与发动机功率的重型柴油车实际道路排特性[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(34): 64—70

Liu Ming, He Chao, Li Jiaqiang, et al. Actual road emission characteristics of heavy-duty diesel vehicle based on vehicle specific power and engine power[J]. Science Technology and Engineering, 2018, 18(34): 64—70

能源与动力工程

基于比功率与发动机功率的重型柴油车实际道路排特性

刘　明　何　超*　李加强　刘学渊　彭琪凯　邹　浪

(西南林业大学汽车与交通学院,昆明 650224)

摘　要　重型柴油车在实际道路上的污染物排放备受关注。利用便携式排放测试系统(PEMS)收集了重型柴油货车 OBD 数据和排放数据;引入重型车比功率(VSP)和发动机功率分别研究了其对柴油车排放的影响及二者间的关系。结果表明,96%以上行驶处于 VSP 区间[-10,10] kW·t^{-1},CO、NO_x 排放随 VSP 增大先升高后降低;CO_2 排放随 VSP 增大而增大。CO、NO_x 排放随发动机功率增大先升高后降低;CO_2 排放随发动机功率增大而增大。VSP 大于 0 且发动机功率小于 55 kW 时 CO 排放因子较高;VSP 大于 0 且发动机功率小于 55 kW 时 NO_x 排放因子较高;随着 VSP 与发动机功率逐渐增大时 CO_2 的排放因子逐渐增大。该研究成果为重型柴油汽车的排放控制提供了一定的技术参考。

关键词　重型柴油车　　比功率　　发动机功率　　排放

中图法分类号　TK421.5;　　**文献标志码**　B

随着汽车保有量的不断增加,汽车工业已经逐步发展成为中国实体经济的支柱产业[1,2]。其中重型柴油车保有量逐年增大,与汽油机相比,柴油机具有燃油经济性高、动力性好等优点,使柴油机成为目前利用效率最高、最节能的机型之一,因此被广泛应用于重型载重车辆上[3,4]。但同时其排放的一氧化碳(carbon monoxide,CO)、碳氢化合物(hydrocarbon compounds,HC)、氮氧化合物(nitrogen oxides,NO_x)以及颗粒物(particulate matter,PM)等污染物对人类及环境的影响越来越大,并逐渐引起了广泛关注[5—7]。

实验室标准测试循环只能反映汽车在特定工况的排放水平,通过标准测试循环得到的污染物排放和实际道路排放存在较大差别[8—10]。最新发布的国六法规中引入实际道路排放(real driving emission,RDE)测试,通过使用车载便携式排放测试设备(portable emission measurement system, PEMS)对车辆在实际道路行驶条件下进行排放测试[11]。柴油车在实验室的排放测试结果与实际道路排放测试结果也存在较大差异。目前对重型柴油车的道路排放研究主要集中在车速、加速度、油耗等因素对排放的影响上,而对比功率(VSP)、发动机功率、发动机转速等因素与排放的关系研究较少。本文选择加装国Ⅴ柴油的重型柴油车进行实际道路试验,从比功率(VSP)和发动机功率角度出发分析重型柴油车实际道路的污染物(CO、CO_2、NO_x)排放特性。

1　试验设备及方法

1.1　试验车辆

试验车辆的技术参数如表 1 所示。

1.2　测试设备

道路试验选用美国 Sensors 公司的 ECOSTAR 汽车尾气分析仪,对汽车尾气进行采样分析。分析仪包含 NO_x 模块、燃油经济性分析(FEM)模块、排气流量计、气象站及 GPS、车载诊断系统(OBD)六部分。在试验过程中能够对汽车的 CO、CO_2、NO_x(NO 和 NO_2)排放进行瞬态测试。测试设备介绍如表 2 所示,设备安装如图 1 所示。

2018 年 7 月 28 日收到　　国家自然科学基金(51266015)、云南省农业联合专项[2017FG001(-010),2017FG001(-093)]和西南林业大学科技创新基金(Z17021)资助

第一作者简介:刘　明(1991—),男,四川巴中人,硕士研究生。研究方向:柴油发动机排放控制。E-mai:13982336581@163.com。

*通信作者简介:何　超(1980—),男,湖北荆门人,博士,教授。研究方向:内燃机燃烧与排放。E-mai:hcsmile@163.com。

表 1　试验车辆主要技术参数

Table 1　Test vehicle main technical parameters

整备质量/kg	最大总质量/kg	发动机	排量/L	额定功率/kW	最大扭矩/(N·m)	排放标准	出厂年月
8 100	17 980	东风康明斯 ISD210. 50	6. 7	155	800	国Ⅴ/欧Ⅴ	2016. 12

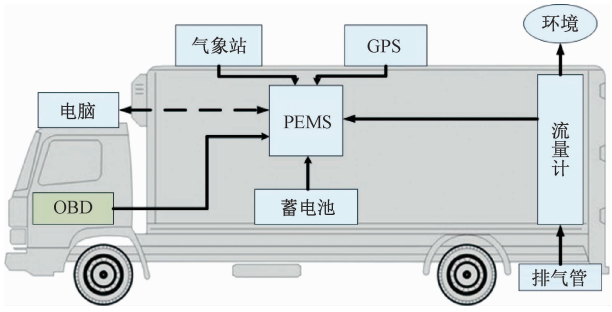

图 1　试验设备安装示意图

Fig. 1　Test equipment installation diagram

表 2　测试设备组成及功能

Table 2　Test equipment composition and function

设备组件	功能
NO_x 模块	不分光紫外法(NDUV)测量 NO 与 NO_2
FEM 模块	不分光红外法(NDIR)测量 CO 与 CO_2
排气流量计	压差原理测量排气流量
气象站	测量环境湿度与温度
GPS	测量车速、经度、纬度和海拔高度
OBD	获取发动机转速、负荷、节气门开度等参数

1.3　试验方法

(1) 参考 GB 17691—201X《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限制及测量方法(中国第六阶段)(二次征稿意见)》要求,实际道路排放试验需预先确定市区、市郊、高速三类工况行驶路线。市区工况行驶车速小于 50 $km \cdot h^{-1}$,平均车速在 15 ~ 30 $km \cdot h^{-1}$之间,市区行驶里程应占总里程 20%,但不得低于 15%。市郊工况行驶车速在 50 ~ 75 $km \cdot h^{-1}$之间,平均车速在 45 ~ 70 $km \cdot h^{-1}$之间,占总里程 25%,但不得低于 20%。高速工况行驶车速大于 75 $km \cdot h^{-1}$,占总里程 55%,但不得低于 50%。各工况行驶里程不低于 16 km,各工况里程占比可在 ±5% 的范围内浮动[11]。

(2) 试验在襄阳市进行,选定市区道路路线为:人民路、前进路、建华路、新华路、长虹北路;市郊道路路线为:襄阳大道、内环路。高速道路路线为:316 国道。

1.4　数据处理方法

1.4.1　瞬时排放计算

按照试验设计,对车辆进行多次道路排放试验,对车载测试设备收集的瞬时排放数据与行驶工况数据进行时间同步匹配,并对数据进行质量控制,从而保证了测试数据的精度和准确性,获得了完整的工况数据及其对应的 NO_x、CO、CO_2 瞬态排放率(NO_x、CO、CO_2 瞬时湿基浓度、瞬时排气流量、排气温度等),按式(1)和式(2)得出 NO_x、CO、CO_2 的瞬态排放率:

$$NO_x = \frac{0.001\ 587 NO_{x\text{conc}} G_{\text{exh}}}{3\ 600} \tag{1}$$

$$CO_t = \frac{0.009\ 66 CO_{\text{conc}} G_{\text{exh}}}{3\ 600} \tag{2}$$

式中:NO_x、CO_t 为各气态污染物瞬时排放质量,$g \cdot s^{-1}$;$NO_{x\,\text{conc}}$、CO_{conc}为原始排气中各气态污染物瞬时湿基浓度,10^{-6};G_{exh}为瞬时排气流量,$kg \cdot h^{-1}$。

1.4.2　基于里程的瞬时排放因子

基于里程的瞬时排放因子计算公式为

$$B_i = \frac{3\ 600 C_i}{v} \tag{3}$$

式(3)中:i 代表污染物的种类(CO、CO_2、NO_x);C_i 代表污染物的瞬时质量排放,$g \cdot s^{-1}$;B 代表污染物排放因子,$g \cdot km^{-1}$;v 为速度,$km \cdot h^{-1}$。

1.4.3　算术平均法计算污染物排放因子

在式(1)中已经得到车辆的瞬时质量污染物排放,瞬时污染物排放累加得到总的污染物排放量,然后除以车辆在实际试验时行驶里程即可得到污染物排放因子,计算公式如下:

$$M_x = \frac{\sum m_x}{s} \tag{4}$$

式(4)中:x 代表污染物种类(CO、CO_2、NO_x),m_x 代表污染物瞬时质量排放,$g \cdot s^{-1}$;M_x 代表污染物平均排放因子,$g \cdot km^{-1}$;s 代表行驶里程,km。

1.4.4　发动机功率计算

发动机功率是指发动机在单位时间内所做的功,可以通过 OBD 采集的发动机转速、负荷计算得出,计算公式如下:

$$P = \frac{T_{\text{tp}} n}{9\ 500} \tag{5}$$

式(5)中:P 代表功率,kW;T_{tq}为转矩,N·m;n 为转速,$r \cdot min^{-1}$。

1.4.5　比功率(VSP)简介

VSP 是指发动机每移动 1 t 质量包括自重所输

出的功率,单位为 $kW \cdot t^{-1}$ 或 $W \cdot kg^{-1}$。

VSP 是具有矢量性质的物理量,当车辆制动减速时,VSP 会出现负值。对于重型车 VSP 计算目前还没有统一的公式[12],采用 Andrei 对重型车标定的参数值[13],简化得到重型柴油车 VSP 计算公式为

$$VSP = v(a + 0.091\ 99) + 0.000\ 169v^3 \quad (6)$$

式(6)中:v 为车速,$m \cdot s^{-1}$;a 为加速度,$m \cdot s^{-2}$。

2 讨论及结果分析

2.1 试验车辆实际行驶特征参数与排放特征参数

试验车辆行驶特征参数都满足试验要求,结果如表 3 所示。试验车辆排放特征参数如表 4 所示。

表 3 试验车辆行驶特征参数

Table 3 Test vehicle driving characteristic parameters

特征参数	市区	市郊	高速	合计
时间/s	2 430	1 418	2 451	6 299
里程/km	20.41	26.53	55.11	102.05
平均车速/($km \cdot h^{-1}$)	30.25	67.34	80.95	74.16
里程占比/%	20	26	54	100

表 4 试验车辆排放特征参数

Table 4 Test vehicle emission characteristic parameters

特征参数		市区	市郊	高速
平均瞬时质量排放/($g \cdot s^{-1}$)	CO	0.045	0.020	0.010
	CO_2	5.16	9.74	13.09
	NO_x	0.07	0.10	0.04
平均排放因子/($g \cdot km^{-1}$)	CO	5.37	1.05	0.46
	CO_2	607.34	521.00	582.17
	NO_x	8.42	5.39	1.81

结果显示,整个试验过程中加速度都在 ±1 $m \cdot s^{-2}$ 范围内波动,最大加速度为 0.68 $m \cdot s^{-2}$,最大减速度为 −0.78 $m \cdot s^{-2}$,平均车速为 74.16 $km \cdot h^{-1}$,可知大部分时间试验车辆行驶处于稳态。在整个试验过程中 NO_x、CO 排放速率随着市区、市郊、高速工况变化逐渐降低;CO_2 排放速率随着市区、市郊、高速工况变化逐渐升高。CO_2 排放因子与工况变化没有明显的关系,在市郊工况时排放因子稍小,在市区工况和高速工况时排放因子较高,但在整个试验过程中都有较高的排放,因此其排放需要引起重视;NO_x、CO 排放因子随着市区、市郊、高速工况变化逐渐降低。

2.2 比功率(VSP)与排放的关系

整理得到如图 2 所示的 VSP 分布情况图。结果显示,柴油车的 VSP 分布具有明显的趋零集中趋势,即当 VSP 在 0 左右时,行驶时间分布比例最高;在 −10 ~ 10 $kW \cdot t^{-1}$ 区间内的数据占到 96%;在 −5 ~ 5 $kW \cdot t^{-1}$ 区间内的数据占到 71%;≥0 $kW \cdot t^{-1}$ 的数据占到 89%。

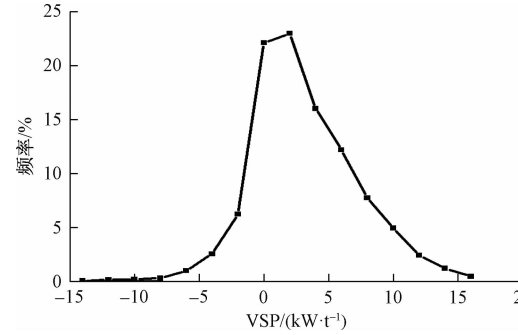

图 2 VSP 分布

Fig. 2 VSP distribution

结合 MOVES 模型与试验柴油车的数据收集情况[14],以 1 $kW \cdot t^{-1}$ 为区间对 VSP 数据进行聚类处理,将机动车的不同行驶工况归纳到不同的比功率区间(VSP-Bin)内,以每个区间(Bin)下的瞬时排放率($g \cdot s^{-1}$)和排放因子($g \cdot km^{-1}$)的平均值作为各区间的排放值。以此来更加准确地评价机动车排放与和行驶工况的关系。

不同工况下柴油车 CO 排放速率和排放因子随 VSP 变化如图 3 所示。结果显示,随着 VSP 增大 CO 排放先升高后降低,当 VSP ∈ [1,6] $kW \cdot t^{-1}$ 时 CO 排放急剧升高。CO 排放升高主要是因为此时车辆加速频繁,造成发动机内燃烧恶化和燃油局部缺氧造成不完全燃烧产生大量 CO 排放,以及排气温度低,后处理装置氧化催化器(DOC)工作效率低,也将增加 CO 排放。分析试验数据可以得出图 3 中随着 VSP 增大 CO 排放升高主要存在于市区工况。CO 排放降低主要是因为随着 VSP 进一步增加,车辆的平均速度高、加速频率和时间大幅降低、排气温度升高,使 CO 大部分氧化为 CO_2 降低了 CO 的排放。随着 VSP 进一步的增大 CO 排放降低主要存在于市郊工况和高速工况。

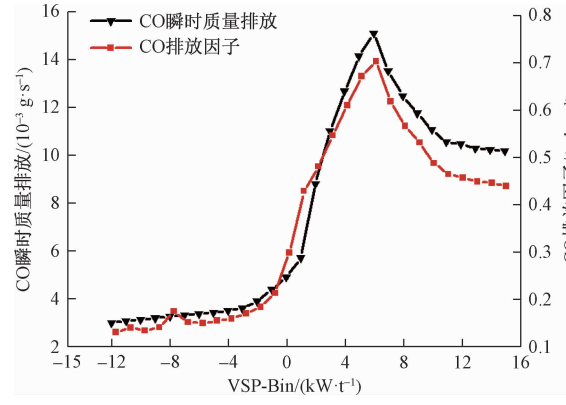

图 3 VSP 与 CO 排放速率和排放因子

Fig. 3 VSP and CO emission rate and emission factor

不同工况下柴油车 NO_x 排放速率和排放因子随 VSP 变化如图 4 所示。结果显示,NO_x 排放随 VSP 增大先升高后降低。当 VSP∈[0,2] kW·t^{-1} 时 NO_x 排放增长较快,分析试验数据可知主要存在于市区工况和部分市郊工况,此时车辆加速频繁,加速时间长,平均速度低,发动机内燃烧不好,发动机缸内局部温度过高,排气温度低造成后处理装置(SCR)工作效率低甚至不工作,从而造成 NO_x 排放升高。随着 VSP 的进一步增大,车辆的平均速度高、排气温度升高,SCR 后处理系统高效工作,从而降低 NO_x 排放。随着 VSP 进一步的增大 NO_x 排放速率降低主要存在于市郊工况和高速工况。

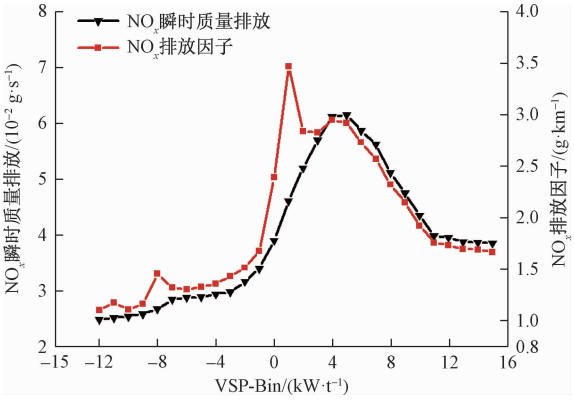

图 4　VSP 与 NO_x 排放速率和排放因子

Fig. 4　VSP and NO_x emission rate and emission factor

不同工况下柴油车 CO_2 排放速率和排放因子随 VSP 变化如图 5 所示。由图 5 中可以看出,CO_2 排放随 VSP 增大而升高。升高的主要原因是没有针对 CO_2 排放的后处理装置。

郭沛[12]、邹强[15]、彭美春等[16]研究表明,VSP 能较好地反映车辆实际道路排放,车辆的污染物排放速率均随着 VSP 的增大而逐渐升高。但其研究仅局限于部分车型在市区工况的排放,而对市郊和高速工况的排放涉及较少,故其建立的排放模型和得出的排放规律仅适用于中低速行驶的车辆。综上可知要更全面研究车辆的排放,应加强对车辆中高速工况排放的关注,拓宽和细化 VSP 区间,这样建立的排放模型和得出的排放规律才能更全面的反映车辆的实际排放。

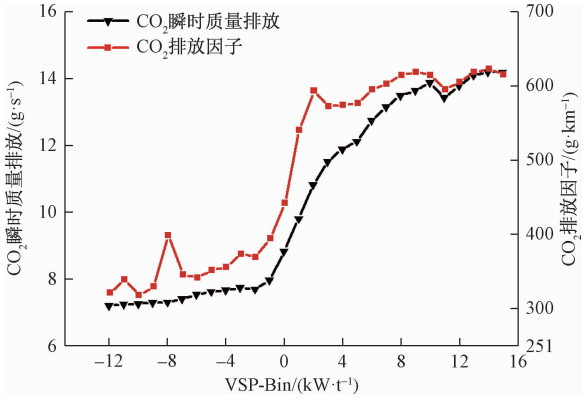

图 5　VSP 与 CO_2 排放速率和排放因子

Fig. 5　VSP and CO_2 emission rate and emission factor

2.3　发动机功率与排放的关系

统计得到如图 6 所示的发动机功率分布情况图。结果显示,在整个试验过程中,发动机的平均功率为 66.33 kW,最大功率为 124.89 kW,发动机工作范围覆盖高、中、低负荷。

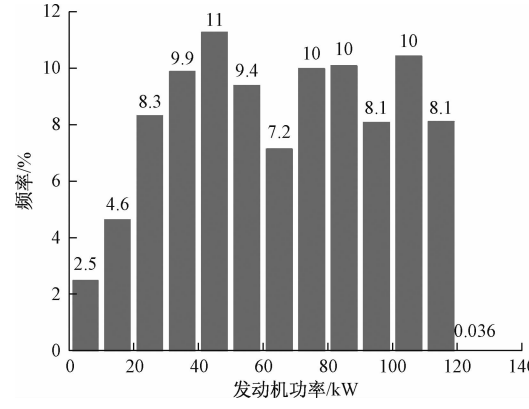

图 6　发动机功率分布

Fig. 6　Engine power distribution

根据试验所采集到的数据,以 10 kW 区间将数据分为[5 15),[15 25),…,[115 125)12 个区间。在每个区间以 1 kW 的距离对每个区间数据进行聚类处理,在对每个区间的 CO、CO_2、NO_x 的瞬时质量排放、排放因子进行平均处理,以代表 CO、CO_2、NO_x 的排放值。

CO 排放速率和排放因子随发动机功率变化关系如图 7 所示,结果显示,CO 排放随发动机功率的增大先升高后降低。当发动机功率 P∈[45 85)kW 时 CO 排放增幅较大,可知当发动机功率 P∈[45 85)kW 时 CO 排放对发动机功率的变化较敏感。CO 排放升高主要原因为,随着发动机功率的增大,单位时间消耗燃料增加,车辆主要行驶于市区,排气温度低,后处理装置工作效率低,因而单位时间内的 CO 排放逐渐增加。随着发动机功率的进一步增大,虽然单位时间消耗燃料增加,通过分析数据可知大功率主要集中在市郊工况和高速工况,市区工况和高速工况车辆速度高,空燃比大发动机内燃烧充分,排气温度高,后处理装置(DOC)高效工作,而使 CO 质量排放降低。

NO_x 排放速率和排放因子随发动机功率变化关

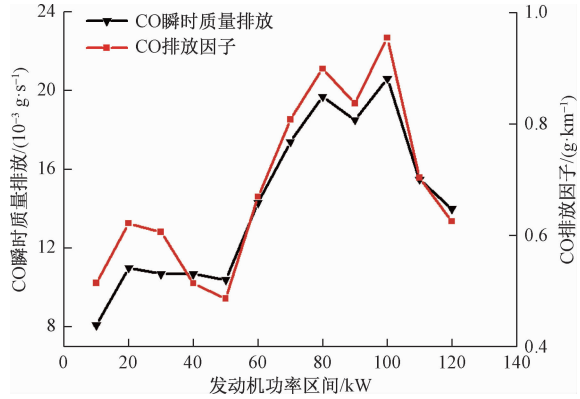

图 7 发动机功率与 CO 排放速率和排放因子

Fig. 7 Engine power and CO emission rate and emission factor

系如图 8 所示,结果显示,NO_x 排放随着发动机功率的增大具有先升高后降低的趋势。发动机功率 $P \in [5\ 95)$ kW 时 NO_x 排放波动较小,发动机功率 $P \in [95\ 105)$ kW 时 NO_x 排放急剧增大,可能在此期间发动机内燃烧急剧恶化致使温度急剧升高,使 NO_x 质量排放速率急剧增大(NO_x 生成条件高温、富氧)。发动机功率 $P \in [105\ 125)$ kW 时 NO_x 排放逐渐降低,此时车辆平均速度高、排气温度高,SCR 后处理装置高效工作,从而降低 NO_x 排放。

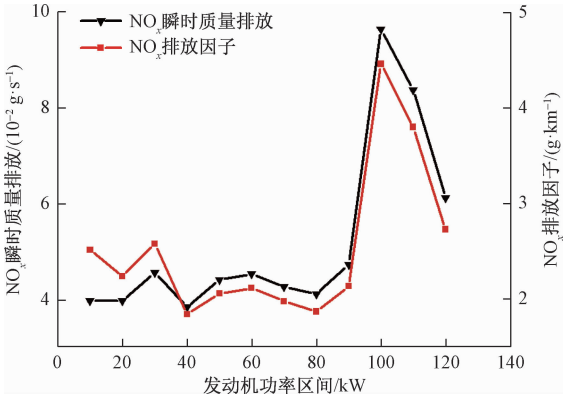

图 8 发动机功率与 NO_x 排放速率和排放因子

Fig. 8 Engine power and NO_x emission rate and emission factor

CO_2 排放速率和排放因子随发动机功率变化关系如图 9 所示。结果显示,随着发动机功率的增大 CO_2 排放逐渐增大。CO_2 排放升高主要原因为,随着发动机功率的增大,单位时间消耗燃料增大,使得 CO_2 排放逐渐增大。

2.4 比功率和发动机功率与排放的关系

综上可知,车辆的排放与 VSP 及发动机功率变化有极大的关系,整理了实验车数据,利用 VSP-发动机功率等高线图分析了车辆排放因子的分布。

CO 排放因子在 VSP-发动机功率下的等高线图如图 10 所示。结果显示,当 VSP > 4 kW·t^{-1} 且发动机功率小于 65 kW 时,CO 排放因子具有较高的水

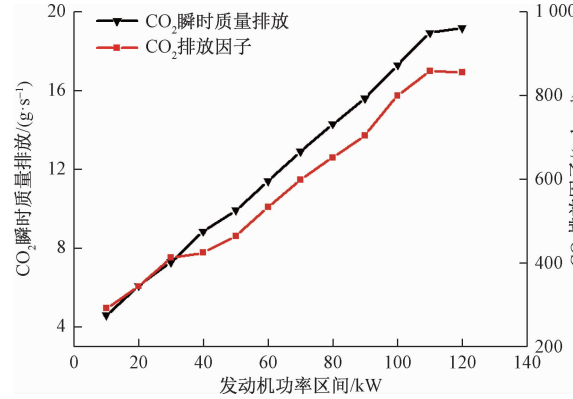

图 9 发动机功率与 CO_2 排放率和排因子

Fig. 9 Engine power and CO_2 emission rate and emission factor

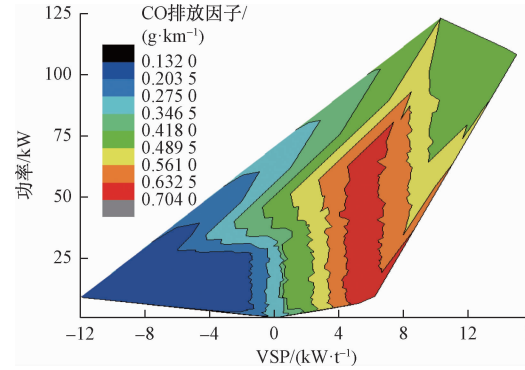

图 10 CO 排放因子在 VSP-发动机功率等高线图上的分布

Fig. 10 Distribution of CO emission factors on the VSP-engine power contour map

平,此部分包含较多的城市工况;当 VSP 小于 0 时,CO 排放因子具有较有较低的水平。

NO_x 排放因子在 VSP-功率下的等高线图如图 11所示。结果显示,当 VSP > 0 且发动机功率小于 55 kW 时,NO_x 排放因子具有较高的水平,这可

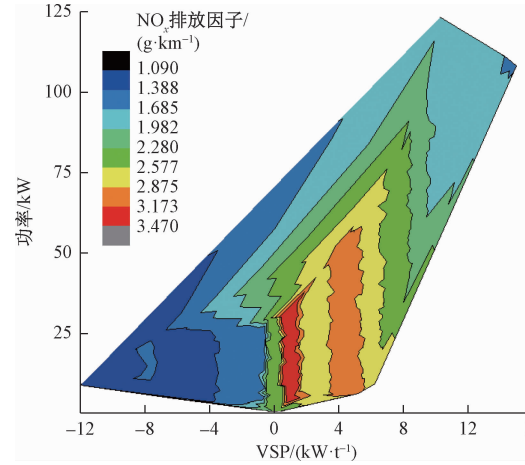

图 11 NO_x 排放因子在 VSP-发动机功率等高线图上的分布

Fig. 11 Distribution of NO_x emission factors on the VSP-engine power contour map

能是因为此时的空燃比和燃烧温度都很适合 NO_x 的生成,因此 NO_x 排放较高;当 VSP < −4 kW·t^{-1} 时,NO_x 排放因子具有较有较低的水平,此情况主要存在于市区工况与市郊工况。

CO_2 排放因子在 VSP-发动机功率下的等高线图如图 12 所示。结果显示,随着 VSP 与发动机功率逐渐增大时 CO_2 的排放因子具有逐渐增大的趋势。当 VSP < −1 kW·t^{-1}且发动机功率小于 50 kW 时 CO_2 排放因子具有较低的水平,但可以看出整个过程中 CO_2 的排放因子具有较高的水平,因此此排放需引起重视。

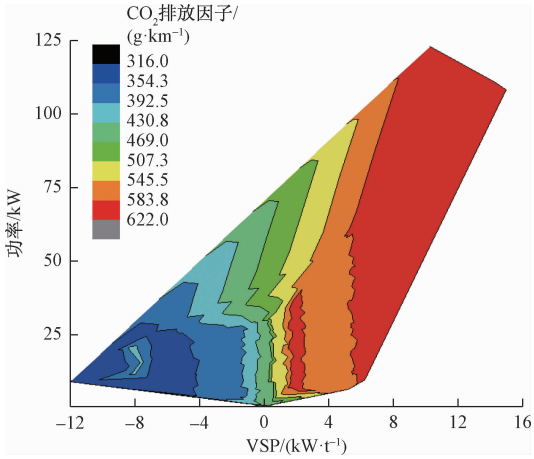

图 12　CO_2 排放因子在 *VSP*-发动机功率等高线图上的分布

Fig. 12　Distribution of CO_2 emission factors on the VSP-engine power contour map

3　结论

(1)实际道路行驶工况变化对 CO、NO_x 排放影响明显,改善交通状况,适度提高车辆平均运行速度可以明显降低 CO、NO_x 排放量。

(2)重型柴油车 VSP 主要分布于 −10 ~ 10 kW·t^{-1}范围内,其中在 −5 ~ 5 kW·t^{-1}区间内的数据则占到 70.78%。CO、NO_x 排放随 VSP 增大先升高后降低;CO_2 排放随 VSP 增大而增大。

(3)随着发动机功率的增大 CO、NO_x 排放先升高后降低;随着发动机功率的增大 CO_2 排放逐渐增大。

(4)VSP > 0 且发动机功率小于 55 kW 时,CO 排放因子具有较高的水平;VSP > 0 且发动机功率小于 55 kW 时,NO_x 排放因子具有较高的水平;随着 VSP 与发动机功率逐渐增大时,CO_2 的排放因子逐渐增大。VSP 能较好反映污染物(CO、CO_2、NO_x)瞬时的排放水平,发动机功率能较好污染物(CO、CO_2、NO_x)反映整体排放水平,因而两者结合能更好地反映其实际的排放。

参　考　文　献

1　葛蕴珊, 王爱娟, 王 猛, 等. PEMS 用于城市车辆实际道路气体排放测试. 汽车安全与节能学报, 2010; 1(2): 141—145
Ge Yunshan, Wang Aijuan, Wang Meng, et al. Application of portable emission measurement system (PEMS) on the emission measurements of urban vehicles on-road. Journal Automotive Safety and Energy, 2010; 1(2): 141—145

2　丁　焰. 2018 蓝天保卫战主攻重型货车,30% 分布在京津冀及周边. (2018-01-11) [2018-07-28]. http://www.yicai.com/news/5390918.html
Din Yan. 2018 blue sky defending war main attack heavy truck,30% distributed in Beijing, Tianjin and Hebei. (2018-01-11) [2018-07-28]. http://www.yicai.com/news/5390918.html

3　郭佳栋,葛蕴珊,郝利君,等. SCR 系统对公交车 NO_x 排放降低效果的研究. 汽车工程,2015;37(11):1227—1231
Guo Jiadong, Ge Yunshan, Hao Lijun, *et al.* A research on the NO_x reduction effects of SCR system in city buses. Automotive Engineering,2015;37(11):1227—1231

4　谭丕强,周　舟,胡志远,等. 柴油轿车颗粒多环芳烃的排放特性. 环境科学,2013;34(3):1150—1155
Tan Piqiang, Zhou Zhou, Hu Zhiyuan, *et al.* Emission characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons in exhaust particles from a diesel car, Environmental Science, 2013;34(3):1150—1155

5　Kwon S, Park Y, Park J, *et al.* Characteristics of on-road NO_x emissions from Euro 6 light-duty diesel vehicles using a portable emissions measurement system. Science of the Total Environment, 2017;576:70—77

6　Luján J M, Bermúdez V, Dolz V, *et al.* An assessment of the real-world driving gaseous emissions from a Euro 6 light-duty diesel vehicle using a portable emissions measurement system (PEMS). Atmospheric Environment, 2018;174:112—121

7　郭佳栋. 重型车实际道路车载排放测试及排放特性研究. 北京:北京理工大学,2015
Guo Jiadong. Research on real-world emission performance of heavy-duty vehicles based on portable emission mesurement systems. Beijing: Beijing Institute of Technology, 2015

8　Nüesch T, Cerofolini A, Mancini G, *et al.* Equivalent consumption minimization strategy for the control of real driving NO_x emissions of a diesel hybrid electric vehicle. Energies, 2014;(7):3148—3178

9　May J, Bosteels D, Favre C. An assessment of emissions from light-duty vehicles using PEMS and chassis dynamometer testing. Sae International Journal of Engines, 2014;(7):1326—1335

10　Merkisz J, Pielecha J, Bielaczyc P, *et al.* Analysis of emission factors in RDE tests as well as in NEDC and WLTC chassis dynamometer Tests. SAE 2016 World Congress and Exhibition. Warrendale: SAE, 2016:2016-01-0980

11　环境保护部. 关于征求国家环境保护标准《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排限值及测量方法(中国第六阶段)征求意见稿》意见的函. (2016-10-11)[2018-07-28]. http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bgth/201610/t20161017_365634.htm
Ministry of Environmental Protection. Seeking national environmen-

tal protection standards "Compressed Combustion-Type, Gas-Fuel Ignition Engine and Automotive Exhaust Pollutant Discharge Limits and Measurement Methods (China Stage 6) Consultation Draft" Letter of opinion. (2016-10-11)[2018-07-28]. http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bgth/201610/t20161017_365634.htm

12 郭 沛. 基于分布的城市公交车行驶周期研究. 北京:北京交通大学,2011
Guo Pei. Development of driving cycles for transit buses based-on VSP distributions. Beijing:Beijing Jiaotong University,2011

13 Andrei, Paul. Real world heavy-duty vehicle emissions modeling. West Virginia:West Virginia University,2001

14 陈玉婷. 基于 MOVES 道路交通排放特性及影响因素研究. 南京:东南大学,2016
Chen Yuting. Evalvation of road transportation emission characteristics and affecting factors based on MOVES. Nanjing:Southeast University,2016

15 邹 强. 基于 VSP 的国 V 公交车气体污染物排放研究. 车辆动力与技术,2016;34(4):59—62
Zou Qiang. Research on emission of gaseous pollutants from stage-V buses based on vehicle specific power. Vehicle and Power Technology,2016;34(4):59—62

16 彭美春,吴晓伟,江晓燕. 基于比功率的 LPG 公交车排放特性研究. 车辆动力与技术,2014;36(5):269—272
Peng Meichun, Wu Xiaowei, Jiang Xiaoyan. A study the emission characteristics of LPG transit buses based on VSP. Vehicle and Power Technology,2014;36(5):269—272

Actual Road Emission Characteristics of Heavy-duty Diesel Vehicle Based on Vehicle Specific Power and Engine Power

LIU Ming, HE Chao*, LI Jia-qiang, LIU Xue-yuan, PENG Qi-kai, ZOU Lang
(School of Vehicle and Transportation, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

[**Abstract**] The on-road emission of heavy-diesel vehicles has attracted much attention. The portable emission test system (PEMS) was used to collect the OBD data and emission data of heavy-duty diesel trucks. The relationship between heavy vehicle specific power (VSP) and engine power on the emission of diesel vehicles was studied. The results showed that more than 96% of driving between VSP section of $[-10,10]$ $kW \cdot t^{-1}$, the emission of CO and NO_x increased first and then decreased with VSP increasing; CO_2 emissions increased with VSP increasing. The emission of CO and NO_x increased first and then decreased with the increase of engine power, and CO_2 emissions increased with the increase of engine power. The emission factor of CO was higher when VSP was over 0 and the engine power was less than 55 kW; the emission factor of NO_x was higher when VSP was over 0 and engine power is less than 55 kW; with VSP and engine power gradually increasing, the emission factor of CO_2 increased gradually. The research provided a technical reference for emission control of heavy-duty diesel vehicles.

[**Key words**] heavy-duty diesel vehicle specific power engine power emission